

⑤

Int. Cl. 2:

B 22 D 11-08

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 24 44 443 A1

⑪

Offenlegungsschrift 24 44 443

⑫

Aktenzeichen:

P 24 44 443.7

⑬

Anmeldetag:

17. 9. 74

⑭

Offenlegungstag:

20. 3. 75

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

17. 9. 73 Japan 103737-73

⑤4

Bezeichnung:

Verfahren zum Stranggießen einer Stahlschmelze

⑦1

Anmelder:

Nippon Kokan K.K., Tokio

⑦4

Vertreter:

Zumstein sen., F., Dr.; Assmann, E., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Koenigsberger, R., Dipl.-Chem. Dr.; Holzbauer, R., Dipl.-Phys.;
Zumstein jun., F., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2

Erfinder:

Kawawa, Takaho, Tokio; Sato, Hideki; Miyahara, Shinobu; Yokohama.
Kanagawa (Japan)

D1 24 44 443 A1

ORIGINAL INSPECTED

© 3. 75 509 812/870

11/70

Dr. F. Zumstein sen. - Dr. E. Assmann
Dr. R. Koenigsberger - Dipl.-Phys. R. Holzbauer - Dr. F. Zumstein jun.
PATENTANWÄLTE

TELEFON: SAMMEL-NR. 22 53 41
TELEX 529979
TELEGRAMME: ZUMPAT
POSTSCHECKKONTO:
MÜNCHEN 911 39 - 809, BLZ 700 100 80
BANKKONTO: BANKHAUS H. AUFHÄUSER
KTO.-NR. 397997, BLZ 700 306 00

Case A-2992

2444443
8 MÜNCHEN 2,
BRÄUHAUSSTRASSE 4

D/zb

NIPPON KOKAN K. K., Tokyo, Japan

Verfahren zum Stranggießen einer Stahlschmelze

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stranggießen einer Stahlschmelze gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs. Die Erfindung befaßt sich mit einem Strangußverfahren, insbesondere mit einem verbesserten Strangußverfahren, bei dem die Lage des vorderen Endes von einem Sumpf in dem gegossenen Stück in einer definierten Lage gehalten wird, so daß man an der Mitte eine Porigkeit am vorderen Ende des Sumpfes bzw. die Ausbildung eines Lunkers, einer Seigerung bzw. Entmischung oder eines ähnlichen Fehlers vermeidet und damit Gußstücke herstellt, die eine verbesserte Qualität aufweisen, indem man die erstarrte Struktur des Metalles verbessert.

Bei den Strangußverfahren von Stahl war es üblich, die Herausziehgeschwindigkeit und die Menge des Kühlwassers derart einzustellen, daß

509812/0870

das vordere Ende des noch nicht erstarrten Sumpfes in dem Gußstück an die Transportrollen zu liegen kommt. Wenn das vordere Ende des noch nicht erstarrten Sumpfes über die Transportrollen hinausgerät, wird das Gußstück von den Transportrollen nicht ausreichend gepreßt, was dazu führt, daß die erstarrte Schale durch den statischen Druck des schmelzflüssigen Stahls in dem Sumpf nach außen ausgebaucht oder gestaucht wird. Hierdurch wird es unmöglich, Gußstücke in der erwünschten Gestalt herzustellen. Ein derartiges Ausbauchen bewirkt, daß der an dem vorderen Ende des Sumpfes befindliche schmelzflüssige und mit Verunreinigungen angereicherte Stahl sich in Richtung auf das vordere Ende des Sumpfes bewegt, so daß die Seigerung bzw. Entmischung, welche durch einen derartigen verbleibenden schmelzflüssigen Stahl hervorgerufen wird, an der Mitte der erstarrten Gußstücke auftritt. Ein derartiges Ausbauchen bzw. Stauchen tritt selbst dann ein, wenn der Abstand zwischen den Rollen an dem vorderen Ende des Sumpfes groß ist, was zu einer Seigerung bzw. Entmischung in dem mittleren Bereich führt. In jedem Falle ist es unerwünscht, wenn der noch nicht erstarrte Sumpf vor die Transportrollen zu liegen kommt. Es wurden bereits viele Versuche unternommen, um die Lage des vorderen Endes des Sumpfes zu überwachen. Bis heute wurde jedoch noch kein wirksames Verfahren entwickelt. Gemäß einem speziellen Vorschlag erfolgt ein Stranggießen mit schmelzflüssigem Stahl unter einer bestimmten Bedingung, wobei eine radioaktive Substanz oder eine in dem Stahl nicht lösliche Substanz wie Blei in den schmelzflüssigen Stahl eingegeben wird, bevor dieser gegossen wird, so daß sich diese Substanz an dem vorderen Ende des Sumpfes abscheidet oder in Richtung auf dieses diffundiert und dann erstarrt, so daß die Lage des vorderen Endes des Sumpfes durch die Lage einer derartigen Targetsubstanz bestimmt werden kann. Gemäß einem weiteren Verfahren wurde die Lage durch die Berechnung der Wärmeleitung bestimmt. Es ist jedoch in der Praxis aufgrund des Abstands zwischen den

Transportrollen oder aus anderen Gründen immer schwierig, die Lage der Targetsubstanz genau festzustellen. Gemäß einem Verfahren, das in der japanischen Offenlegungsschrift 40 937 aus dem Jahre 1972 beschrieben ist, werden Walzen für eine Dickenreduktion des Gußstückes vorgesehen, sowie ein Mechanismus zur Ermittlung des beim Walzen auftretenden Gegendrucks. Wenn sich der Gegendruck bei dem Walzen rasch ändert, steuert der Mechanismus die Menge des Kühlwassers oder die Walzgeschwindigkeit. Dieses Verfahren ist für Gußstücke mit relativ kleinem Querschnittsbereich, wie für Stränge bzw. Knüppel, wirksam. Für Gußstücke mit einem größeren Querschnittsbereich, wie beispielsweise für Platten bzw. Bramen bzw. Flachknüppel, erwies sich dies jedoch als ausgesprochen schwierig. Insbesondere wurde eine Platte von 200 mm Dicke stranggegossen und unmittelbar nach dem vollständigen Erstarren des mittleren Bereichs unter Druck von Walzen bearbeitet. Der Reduktionsgrad und der Walzendruck wurden gemessen. Der Walzendruck W (gemessen in Tonnen) läßt sich durch folgende Gleichung wiedergeben:

$$W \text{ (Tonne)} = K \cdot L \cdot Y \quad (Y \leq 5 \%)$$

Hierin bedeutet K einen Koeffizienten, der sich in Abhängigkeit von der Art des Stahles und den Betriebsbedingungen ändert. Dieser Koeffizient liegt im allgemeinen in einem Bereich von ungefähr 0,18 bis 0,27. L bedeutet die Breite einer Platte und Y den Reduktionsgrad. Man erkennt hieraus, daß für $K = 0,23$ ein Walzdruck von 1720 Tonnen benötigt wird, um eine Platte mit einer Breite von 1500 mm um 5 % zu reduzieren. Dies bedeutet, daß man einen extrem großen Walzendruck auch für einen kleinen Reduktionsgrad benötigt. Es ist somit notwendig, eine Anlage zu installieren, deren Walzen eine große Steifheit und einen großen Durchmesser aufweisen und die in einem festen Walzenständer gehalten sind. Bei einem Stranggußverfahren beträgt

der Abstand der Transportrollen, die in der zweiten Kühlzone angebracht sind, im allgemeinen 200 bis 600 mm. Ein größerer Abstand als dieser Wert führt dazu, daß sich die Platte bzw. der Bramen in Dickenrichtung unter dem statischen Druck des schmelzflüssigen Stahles im Inneren des Sumpfes staucht. Es ist aus diesem Grunde unmöglich, einen Walzenständer zu installieren, der den hierbei auftretenden Walzendruck aushalten kann, der auf Werte von 2000 Tonnen und darüber ansteigt. Ein Walzenständer, der für entsprechende Abstände zwischen den Transportrollen gebaut ist, kann Drücke von maximal 300 Tonnen aushalten. Es versteht sich daher, daß eine derartige Walze praktisch nicht verwendet werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Stranggußverfahren zu schaffen. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Hauptanspruchs gelöst.

Wesentliche Merkmale der Erfindung sind somit in einem Stranggußverfahren zu sehen, bei dem zumindest ein Walzenpaar nahe dem vorderen Ende des Sumpfes angebracht ist, wo das Erstarren des schmelzflüssigen Stahles in dem Gußstück beendet wird, so daß das Gußstück mit einer Reduktionsrate bzw. einem Reduktionsgrad von 0,1 bis 2,0 % gewalzt wird. Die Dickenänderung des Gußstückes wird ermittelt und mit einem bestimmten Bezugswert verglichen, um auf diese Weise die Ziehgeschwindigkeit und/oder die Menge des sekundären Kühlwassers zu steuern.

Erfindungsgemäß wirkt ein relativ kleiner Walzdruck auf Reduktionswalzen, welche an dem vorderen Ende des Sumpfes angebracht sind, wobei der Walzdruck in Übereinstimmung mit der Art des Stahles geändert wird. Die Art der von dem Walzendruck hervorgerufenen Dickenänderung des Gußstückes entsprechend der Anwesenheit oder dem Fehlen des vorderen Endes des Sumpfes wird ermittelt, wobei der ermittelte Wert dazu dient, die Erstarrungsbedingungen, wie die Ziehgeschwindigkeit und die Menge des

sekundär verwendeten Kühlwassers, zu steuern. Mit der Erfindung wird somit ein verbessertes Stranggußverfahren geschaffen, das in der Lage ist, Gußstücke einer festgelegten Qualität herzustellen, indem das vordere Ende des Sumpfes in einer bestimmten Lage gehalten wird, wozu man die Erstarrungsgeschwindigkeit der Gußstücke derart steuert, daß sie sich in einem erwünschten Bereich befinden, und indem man die Struktur des erstarrten Metalles überwacht bzw. beeinflusst. Gemäß diesem verbesserten Stranggußverfahren, bei dem die Lage des vorderen Endes des Sumpfes in dem Gußstück festgehalten wird, gelingt es, mit hoher Ausbeute Gußstücke herzustellen, die nach dem Erstarren eine konstante Struktur und eine konstante Qualität aufweisen. Durch eine sequentielle Dickenreduzierung in dem Gußstück von 0,1 bis 2,0 %, die mittels eines Walzenpaares durchgeführt wird, gelingt es wirksam, eine Bildung von porösen Mittelbereichen zu verhindern, welche durch das Schrumpfen zum Zeitpunkt der Erstarrung hervorgerufen wird. Des weiteren gelingt es hiermit, eine Seigerung bzw. Entmischung in dem Mittelbereich zu vermeiden, welche darauf zurückzuführen ist, daß der schmelzflüssige Stahl, der mit Verunreinigungen angereichert ist und an dem vorderen Ende des Sumpfes verbleibt, in eine Öffnung strömt, die durch das Erstarren und das Schrumpfen des schmelzflüssigen Stahles gebildet wird. Es gelingt des weiteren auch, das Auftreten einer Stauchung bzw. Ausbauchung zu vermeiden. Schließlich gelingt es, genau die Änderung in der Dicke des Gußstückes zu ermitteln, welche auf aufeinanderfolgende Walzvorgänge zurückzuführen ist, indem man die Dicke nach dem entsprechenden Walzvorgang vergleicht. Dies ermöglicht des weiteren eine genaue Steuerung bzw. Überwachung der Lage von dem vorderen Ende des Sumpfes.

Mit der Erfindung wird des weiteren ein Stranggußverfahren geschaffen, das preisgünstig durchzuführen ist und bei dem ein relativ kompakt konstruiertes Walzwerk verwendet wird. Die erfindungsgemäße Reduktionsrate des Gußstückes ist, wie vorstehend bereits

erwähnt wurde, auf Werte beschränkt, die unterhalb von 2 % liegen. Selbst bei einer großen Platte bzw. einem großen Bramen läßt sich eine Reduktion mit einem derart kleinen Prozentsatz mit einem relativ geringen Walzendruck durchführen. Dies führt dazu, daß der Walzenständer des Walzwerkes auch selbst klein gehalten werden kann. Es ist ferner möglich, den Walzenabstand relativ eng zu halten, wobei dieser derselbe sein kann wie der Walzenabstand der Transportrollen in dem oben beschriebenen Falle.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden, ins einzelne gehenden Beschreibung anhand der beiliegenden Zeichnung ersichtlich.

Fig. 1 zeigt einen Schnitt teilweise in schematischer Darstellung von einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Fig. 2A, 2B und 2C zeigen Teilschnittansichten, aus denen die Änderung der relativen Lage der Transportrollen und dem vorderen Ende des Sumpfes in einem Gußstück dargestellt sind.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm, aus dem die Dickenänderung in dem Gußstück bei verschiedenen Lagen dargestellt sind, welche denen von Fig. 2A, 2B und 2C entsprechen.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Beziehung zwischen der Änderung in dem Sumpf und dem vollständig erstarrten Bereich des Gußstückes und dem Walzendruck.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht zur Erläuterung der Entstehungsart von Fehlern in dem Gußstück, wenn ein großer Walzendruck auf dieses von Transportrollen ausgeübt wird.

Fig. 6 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Beziehung zwischen der Dicke einer Platte bzw. eines Bramens und der Lage des vorderen Endes des Sumpfes an entsprechenden Walzlagen.

Fig. 7 zeigt ein Diagramm zum Vergleich des Seigerungs- bzw. Entmischungsgrades eines erfindungsgemäß hergestellten Gußstückes mit einem gemäß dem Stand der Technik hergestellten Gußstück.

Man erkennt aus der schematischen Darstellung von Fig. 1, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren schmelzflüssiger Stahl 1, der in einem geeigneten Behälter 2 enthalten ist, wie beispielsweise einer Drehschüssel, in eine Gießform 3 gegossen wird. Der schmelzflüssige Stahl tritt hierbei durch einen Ausguß bzw. eine Düse 15 am Boden des Behälters 2 aus. Das gegossene Stück 4 wird aus der Gießform 3 mittels Transportrollen 6 herausgezogen, während gleichzeitig eine erstarrte Haut in einer Sekundärregion gebildet wird. Die Haut wird von Führungsrollen 13 getragen. Eine Mehrzahl der Transportrollenpaare 6 wird jeweils gegen das Gußstück 4 angepreßt, und zwar mittels eines Öldruckzylinders 7. Des weiteren werden diese Walzen mittels eines Elektromotors 10 angetrieben. In der sekundären Kühlzone ist eine Sprühdüse 12 vorgesehen. Die Sprühdüse 12 ist mit einem Wasserzuführungsmechanismus 11 ausgerüstet. Sie sprüht das Kühlwasser auf den schmelzflüssigen Stahl, um diesen abzukühlen und erstarren zu lassen.

Bei dem oben beschriebenen Stranggußverfahren sei angenommen, daß die Lage des vorderen Sumpfes an einem Paar der Transportrollen 6 sich entsprechend Fig. 2A, 2B und 2C ändere. Bei Wirkung eines konstanten Walzendruckes P und normalen Betriebsbedingungen, sowie unter der Annahme, daß die Ziehgeschwindigkeit V_1 betrage, nimmt das vordere Sumpfenende 5 die in Fig. 2A gezeigte Lage ein und die Ziehgeschwindigkeit wird um einen bestimmten Wert vergrößert. Anschließend erreicht das vordere Sumpfenende 5 eine Lage, bei der

es gerade zwischen dem Paar der Transportrollen 6, wie in Fig. 2B gezeigt, zu liegen kommt. Wenn die Ziehgeschwindigkeit weiter gesteigert wird, erhält man einen Zustand, der in Fig. 2C dargestellt ist, wobei wenn zu diesem Zeitpunkt eine konstante Ziehgeschwindigkeit V_2 erreicht ist, sich die Dicke des Gußstückes zwischen dem Paar der Führungsrollen entsprechend dem in Fig. 3 dargestellten und von den drei Kurvenstücken a-b-c gebildeten Verlauf ändert. Wenn insbesondere der Walzdruck P zwischen dem Paar der Führungsrollen 6 wirkt und wenn ein bereits vollständig erstarrter Bereich des Gußstückes wie in Fig. 2A gewalzt wird, ändert sich die Dicke in dem Gußstück nicht in merkbarer Weise. Wenn jedoch der Sumpf zwischen das Paar der Führungswalzen gerät, erfolgt zwar keine bemerkenswerte Deformierung der Schale bzw. Außenhaut 4, jedoch eine ganz erhebliche Deformierung des Sumpfes 5, so daß sich eine große Dickenänderung in dem Gußstück ergibt, da der Widerstand, den der schmelzflüssige Stahl einer Deformierung entgegensetzt, erheblich kleiner ist als der Widerstand des erhärteten Bereichs des Gußstücks.

Es sei nun angenommen, daß der Krümmungsradius des durch das in Fig. 1 dargestellte Verfahren gewonnenen Gußstückes 4 zehn Meter betrage und daß der Walzdruck von jeder in einem Abstand von 500 mm eingebauten Walze gleich 89,4 Tonnen betrage. Wo ein vollständig erstarrter Bereich zwischen den Führungsrollen gewalzt wird, ergibt sich eine Dickenänderung in dem Gußstück, die gleich 0,52 mm ist, während in dem Bereich, in dem der Sumpf gewalzt wird, die Dickenänderung auf 2 mm zunimmt. Die Beziehung zwischen dem Walzdruck und der Dickenänderung des Gußstückes wird allgemein von einem Diagramm wiedergegeben, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. In Fig. 4 zeigt P_0 den Reduktions- oder Walzdruck, der dem statischen Druck des schmelzflüssigen Stahles entspricht, wenn der

Sumpf sich zwischen das Paar der Führungsrollen nach vorne geschoben hat. Wenn der Walzendruck kleiner ist als der statische Druck P_0 des schmelzflüssigen Stahles, wird das Gußstück nach außen von dem statischen Druck ausgebaucht. Wenn andererseits $P > P_0$ ist, nimmt die Dicke des Gußstückes erheblich ab. Wenn der Bereich des Gußstückes zwischen dem Paar der Führungswalzen vollständig erstarrt ist, ist die erzielte Deformierung sehr klein. Wenn daher ein Walzendruck P_1 verwendet wird, der größer ist als der statische Druck P_0 des schmelzflüssigen Stahles, ergibt sich ein Unterschied zwischen der von dem Walzbetrieb hervorgerufenen Dickenabnahme (ΔD_1) des Gußstückes und dem Betrag der Deformierung (ΔD_2) des vollständig erstarrten Bereiches in Abhängigkeit von dem Druck oder einem Fehlen des Sumpfes zwischen dem Paar der Transportrollen. Man erhält insbesondere beim Fehlen des Sumpfes $\Delta D_1 = \Delta D_2$, während bei Anwesenheit des Sumpfes die Beziehung $\Delta D_1 > \Delta D_2$ gilt. Bei der vorliegenden Erfindung wird die ΔD_1 entsprechende Reduktion so gewählt, daß sie kleiner ist als 2 %. Durch diese Begrenzung wird erreicht, daß auch für große Platten bzw. Bramen mit einer Breite von beispielsweise 1500 mm ein Walzendruck von 135,4 Tonnen ausreicht. Ein Walzenständer, der Walzdrücke von einer derartigen Größenordnung aushält, läßt sich außerordentlich kompakt und preiswert herstellen und es gelingt, ein kompaktes Walzwerk innerhalb der Grenzen des oben erwähnten Rollenabstands einzubauen.

Man erkennt aus Fig. 5, daß im Falle des Anliegens eines außerordentlich hohen Walzendruckes P_1 an den Transportrollen eine bemerkenswert große Dehnungsspannung an der Grenzfläche zwischen der erstarrten Schale 4 und dem noch nicht erstarrten schmelzflüssigen Metall entsteht, was zur Bildung von inneren Sprüngen 14 führt. Von der Anmelderin durchgeführte Untersuchungen zeigten, daß der Grenzwert für die Reduktion, bei welchen derartige Sprünge

im Inneren entstehen, bei Werten von 1,5 bis 2,0 ‰ Dickenänderung in dem Gußstück bei normalem Stahl liegt. Dieser Umstand zeigt, daß zur Erhaltung von Gußstücken mit hervorragender Qualität die von einer Walze bewirkte Reduktion im Inneren dieses Bereiches gehalten werden muß, der unter diesen Grenzen liegt. Die untere Grenze für den Walzendruck P_1 wird von der Genauigkeit des Meßinstrumentes bestimmt, da mit Abnahme des Walzendruckes P_1 der Reduktionsgrad ebenfalls abnimmt, so daß es schwierig wird, die Dickenänderung genau zu messen. Aus diesem Grund ist es schwierig, einen exakten Wert für die untere Grenze des Walzendruckes auszuwählen. Der Walzendruck wird deshalb im allgemeinen so gewählt, daß er innerhalb eines geeigneten Bereiches liegt, in dem die Dickenänderung genau festgestellt werden kann. Die minimale Reduktionsrate sollte jedoch allgemein gesprochen bei ungefähr 0,1 ‰ einer Dickenänderung in dem Gußstück liegen, wobei dieser Wert im Hinblick auf die Metallstruktur nach dem Erstarren bestimmt ist, um insbesondere das Auftreten einer Porigkeit und einer Seigerung bzw. einer Entmischung in dem mittleren Bereich zu vermeiden, wobei des weiteren die Genauigkeit der Meßvorrichtung eine Rolle spielt, die zur Feststellung der von den Walzen hervorgerufenen Dickenänderung in dem Gußstück verwendet wird.

Ein typisches Meßgerät zur Bestimmung der Dicke des Gußstückes enthält einen Differentialumformer. Es ist jedoch auch möglich, eine andere geeignete elektrische oder mechanische Dickenmeßeinrichtung zu verwenden, deren Genauigkeit unter 0,2 mm liegt.

Die folgenden Überlegungen sollten in Betracht gezogen werden, um das vordere Ende des Sumpfes in einer vorbestimmten Lage zu halten. Das vordere Ende des Sumpfes kann die folgenden Lagen einnehmen:

- a) zwischen den $i-1$ -ten Transportrollen und den i -ten Transportrollen,
- b) zwischen den i -ten Transportrollen und den $i+1$ -ten Transportrollen oder
- c) zwischen den $i+1$ -ten Transportrollen und den $i+2$ -ten Transportrollen.

Es sei angenommen, daß der vorstehend beschriebene Walzendruck auf die $i+1$ -ten und die $i+2$ -ten Transportrollen ausgeübt werde. Unter diesen Bedingungen ändert sich die Dicke der Platte bzw. des Bramens entsprechend den Kurven a, b und c von Fig. 6, da, wie bereits in Fig. 4 gezeigt wurde, der bereits vollständig erstarrte Bereich nicht merklich durch diesen konstanten Walzendruck vermindert wird.

Um die Lage des vorderen Endes des Sumpfes zwischen dem i -ten Paar der Transportrollen und dem $i+1$ -ten Paar der Transportrollen festzuhalten (d.h. obiger Fall b), wird die Dicke der Platte bzw. des Bramens an den $i+1$ -ten und an den $i+2$ -ten Transportrollen gemessen. Es sei nun angenommen, daß mit D_i die Dicke der Platte bzw. des Bramens an der Lage der i -ten Transportrollen, mit D_{i-1} die Dicke der Platte an den $i-1$ -ten Transportrollen und mit D_{i+1} die Dicke der Platte an den $i+1$ -ten Transportrollen bezeichnet seien. Die Regelung wird dann auf folgende Weise durchgeführt. Wenn der Unterschied zwischen D_{i-1} und D_i kleiner oder größer ist als ein bestimmter Bezugswert ξ , der von der Art des jeweils bearbeiteten Stahles bestimmt ist, werden zuerst die Dicke der Platte bzw. des Bramens und derartige weitere Betriebsbedingungen, wie die Ziehgeschwindigkeit usw., festgelegt. Wenn der Unterschied $(D_{i-1} - D_i)$ kleiner ist als der Bezugswert ξ , werden die Ziehgeschwindigkeit und/oder die Menge des sekundären Kühlwassers erhöht. Wenn andererseits die Differenz größer

ist als der Bezugswert ξ , wird ermittelt, ob die Differenz $(D_1 - D_{1+1})$ kleiner oder größer als der Bezugswert ist. Wenn die Differenz kleiner ist als der Bezugswert ξ , wird der Gußvorgang weitergeführt, ohne daß hierbei die Ziehgeschwindigkeit und/oder die Menge des Sekundärkühlwassers geändert werden. Wenn andererseits die Differenz größer ist als der Bezugswert ξ , werden die Ziehgeschwindigkeit und/oder die Menge des sekundären Kühlwassers erhöht. Diese Regelung kann rasch durchgeführt werden, indem man das Ergebnis der von einem Meßinstrument neu durchgeführten Messung einem Rechner 10 zuführt und indem man den Walzenantriebsmotor 8 von dem Rechner 10 steuert, der des weiteren über eine Regelvorrichtung 11 die Sprühdüse 12 für die Abgabe des sekundären Kühlwassers steuert.

Zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Regelvorganges muß die Dicke der Platte oder des Bramens an drei oder mehreren Paaren der Transportrollen gemessen werden. Wenn drei Paare von Transportrollen verwendet sind, besteht keine Notwendigkeit, diese in einer bestimmten Reihenfolge anzuordnen. Es können auch zwei Paare von Transportrollen verwendet werden, solange es gelingt, den Dickenunterschied der Platte bzw. des Bramens an diesen beiden Paaren mit hoher Genauigkeit festzustellen. Selbst ein einziges Paar von Transportrollen kann verwendet werden. Wenn nämlich die Differenz der Dicke D der Platte bzw. des Bramens an dem einzigen Paar und der Dicke D_0 der Platte oder des Bramens nach einem vollständigen Erstarren gleich Null wird, (d. h. $A = D - D_0$) wird die Ziehgeschwindigkeit vermindert. Wenn andererseits die Differenz ΔD kleiner als Null ist, wird die Ziehgeschwindigkeit erhöht. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel wurden die Führungsrollen 6 auch für den Walzvorgang verwendet. Wenn man die großen Transportrollen verwendet und sie in weiten Abständen anbringt, läßt sich die Erfindung auch dadurch verwirklichen, daß

man unabhängige Walzen vor den Transportrollen anbringt.

Im folgenden werden einige Beispiele zur weiteren Erläuterung der Erfindung gegeben.

Beispiel 1

Weicher, unlegierter Stahl, das heißt ein kohlenstoffarmer Stahl, wurde im Stranggußverfahren verarbeitet, so daß Platten bzw. Bramen mit einer Dicke von 200 mm und einer Breite von 1500 mm entstanden, wobei eine mit einer Krümmung versehene Stranggußmaschine verwendet wurde, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, wobei der Krümmungsradius 10 m betrug. Um die Differenz der Dicken D_{33} und D_{34} der Platte bzw. des Bramens an den 33-sten bzw. 34-sten Transportrollen von der Gießform aus gerechnet unterhalb eines Bezugswerts von 0,5 mm zu halten, wurde an den 32-sten und an den 34-sten Transportrollen eine Reduktion von 1,5 % durchgeführt. Die Ziehgeschwindigkeit betrug 1,0 m/min. Die Menge des sekundären Kühlwassers wurde so eingestellt, daß sich eine spezifische Wassermenge von 1,54 l/kg Stahl ergab.

Zur Messung der Dicken D_{31} , D_{32} , D_{33} und D_{34} der Platte bzw. des Bramens wurden Differentialtransformatoren an den entsprechenden Transportrollen angebracht. Mit diesen fand man folgende Werte: $D_{31} = 205$ mm, $D_{32} = 202$ mm und somit eine Differenz von 3 mm. Des weiteren betrug die Differenz zwischen D_{32} und D_{33} (200 mm) 2 mm. Diese Differenz war größer als der Bezugswert von 0,5 mm. Die Differenz zwischen D_{33} und D_{34} war jedoch 0 und somit kleiner als der Bezugswert ξ . Demgemäß wurde der Gußvorgang weitergeführt, ohne daß die Werte für die Ziehgeschwindigkeit und die Menge des sekundären Kühlwassers wie oben beschrieben geändert wurden.

Bei einer Überprüfung der unter diesen Betriebsbedingungen her-

gestellten Platten bzw. Bramen zeigte sich, daß die Seigerung bzw. Entmischung in dem mittleren Bereich im wesentlichen vermieden war. Fig. 7 zeigt den Koeffizienten für eine Seigerung bzw. eine Entmischung an dem mittleren Bereich der Gußstücke. Die Kurve A zeigt einen Mittelwert für die Entmischung von 36 Gußstücken, welche nach einem Verfahren gemäß dem Stand der Technik hergestellt wurden. Die Kurven B und C zeigen die Mittelwerte der Entmischung von 16 bzw. 10 Gußstücken, die mittels der in den Beispielen 1 und 2 wiedergegebenen Verfahren hergestellt wurden. Des weiteren zeigte sich kein Bestreben zur Bildung von Ausbauchungen.

Beispiel 2

Es wurde die gleiche Gießmaschine wie in Beispiel 1 verwendet. Die Platten bzw. die Bramen wurden jeweils an den 32-sten und an den 42-sten Transportrollen um 0,6 % reduziert. Die Ziehgeschwindigkeit betrug 0,9 m/min. Die Menge des sekundären Kühlwassers entsprach einer spezifischen Wassermenge von 1,5 l/kg Stahl.

Die Dicke der Platten bzw. Bramen wurde von Differentialtransformatoren gemessen. Es zeigte sich, daß die Differenzen zwischen D_{31} und D_{32} und zwischen D_{32} und D_{33} jeweils 0 mm und damit kleiner waren als der Bezugswert von 0,5 mm unter diesen Betriebsbedingungen. Demgemäß wurde die Geschwindigkeit des Transportrollenantriebsmotors 8 so gesteuert, daß die Ziehgeschwindigkeit auf 0,98 m/min zunahm. Gleichzeitig wurde die Menge des sekundären Kühlwassers auf 1,54 l/kg gesteigert. Die Differenz zwischen D_{31} und D_{32} bzw. D_{32} und D_{33} nahm hiernach auf 2 mm zu, somit auf einen Wert, der größer ist als der Bezugswert. Da jedoch die Differenz zwischen D_{33} und D_{34} 0 mm betrug, wurde das Gußverfahren weitergeführt, ohne daß die Ziehgeschwindigkeit

von 0,98 m/min und die Menge des sekundären Kühlwassers von 1,54 l/kg geändert wurden.

Die Porigkeit und der Entmischungsgrad der Platten bzw. Bramen wurden anschließend untersucht. Es zeigte sich, daß beide sehr klein waren. Der Mittelwert für die Entmischung von 16 Stücken, die nach dem in diesem Beispiel beschriebenen Verfahren hergestellt wurden, wird von der Kurve C in Fig. 7 wiedergegeben.

Vergleichsbeispiel 1

Unter den in Beispiel 1 beschriebenen Bedingungen für das Stranggußverfahren wurde an den 32-sten und an den 34-sten Transportrollen eine Reduktion von 2,5 % durchgeführt. Man fand, daß hierdurch eine bemerkenswerte Zahl von inneren Sprüngen gebildet wurde, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Diese inneren Sprünge treten in einem Schwefelabdruck bzw. Baumann-Abdruck als schwarze Linien hervor, welche anzeigen, daß Sprünge in einer Mikrostruktur bestehen. Des weiteren fand man viele Fehler in einer Platte, welche durch Walzen dieses Gußstückes erhalten wurde.

Vergleichsbeispiel 2

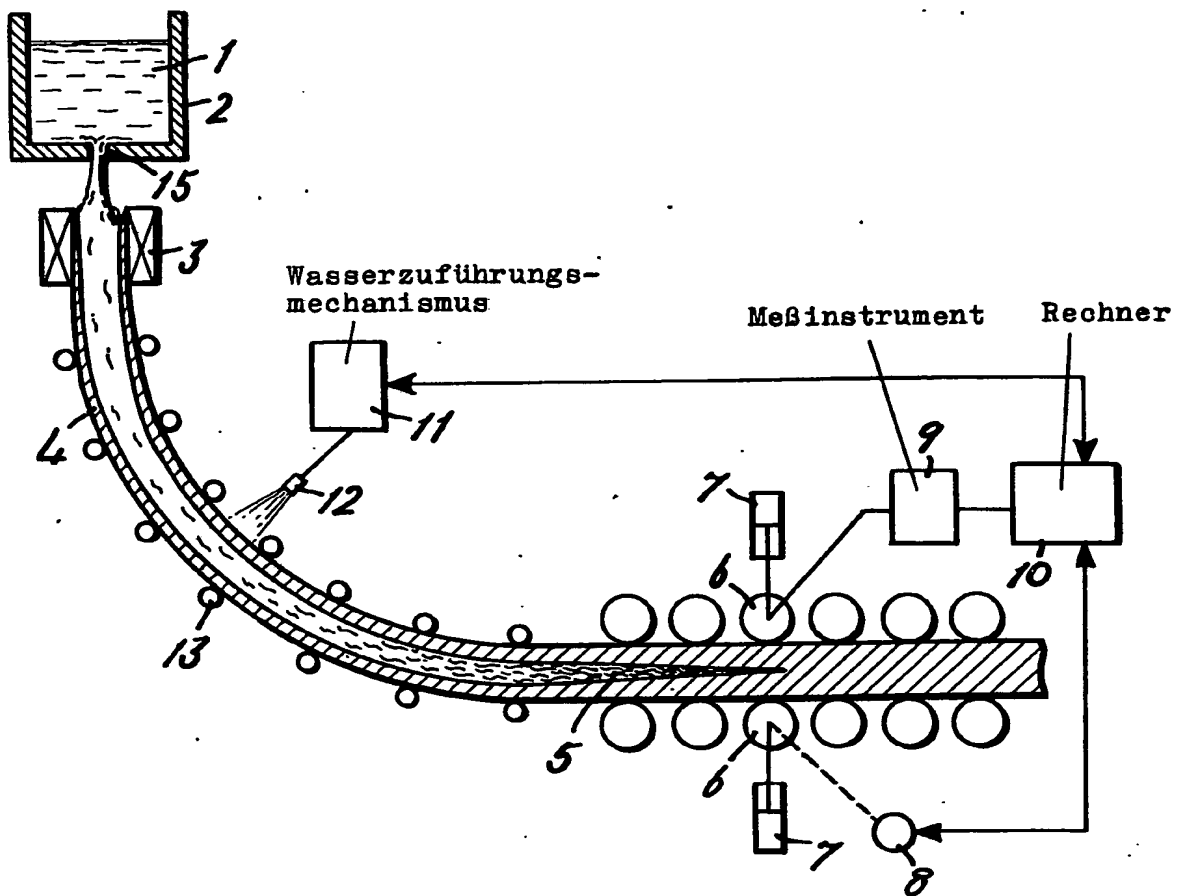
Unter den in Beispiel 1 beschriebenen Betriebsbedingungen für das Stranggußverfahren wurde eine Reduktion durchgeführt, die unter 0,1 % lag, die mit einem Differentialtransformator nicht mehr festgestellt werden kann. Diese Reduktion wurde an den 32-sten und den 34-sten Transportrollen durchgeführt. Es zeigte sich, daß bei einer Ziehgeschwindigkeit von 0,9 m/sec in der Mitte eine Porigkeit an dem mittleren Bereich des Gußstückes entstand. Diese Porigkeit ist auf die Erstarrung und das Schrumpfen zurückzuführen, welche von einem Ausbauchen und der Entmischung im Inneren hervorgerufen werden, wobei diese auf die Strömung des schmelz-

flüssigen Stahles, der an dem vorderen Ende des Sumpfes verbleibt und mit Verunreinigungen angereichert ist, zurückzuführen ist. Die Qualität des sich ergebenden Bramens bzw. Flachknüppels war somit nicht befriedigend, da er eine Anzahl von Fehlstellen und Fehlern enthielt.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Stranggießen einer Stahlschmelze, gekennzeichnet durch Anordnen von zumindest einem Paar von Reduktionswalzen nahe dem vorderen Ende eines in dem Gußstück befindlichen Sumpfes, an dem die Erstarrung des schmelzflüssigen Stahles beendet wird, Reduzieren des Gußstückes durch das Paar der Reduktionswalzen mit einem definierten Reduktionsgrad von 0,1 bis 2,0 %, Ermittlung der durch die Reduktion bewirkten Dickenänderung in dem Gußstück, sowie Steuerung des Erstarrungszustands von dem schmelzflüssigen Stahl mit der ermittelten Änderung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung des Erstarrungszustands eine Beeinflussung der Ziehgeschwindigkeit von dem Gußstück und der Menge des sekundären Kühlwassers enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gußstück verschiedene Male von jeweils einem Paar Transportrollen um 0,1 bis 2,0 % reduziert wird, daß die Dickendifferenz des Gußstückes an benachbarten Rollenpaaren bestimmt wird und daß der Erstarrungszustand durch einen Vergleich dieser Differenzen mit einem Bezugswert gesteuert wird.

Fig - 1



509812/0870

Fig- 2

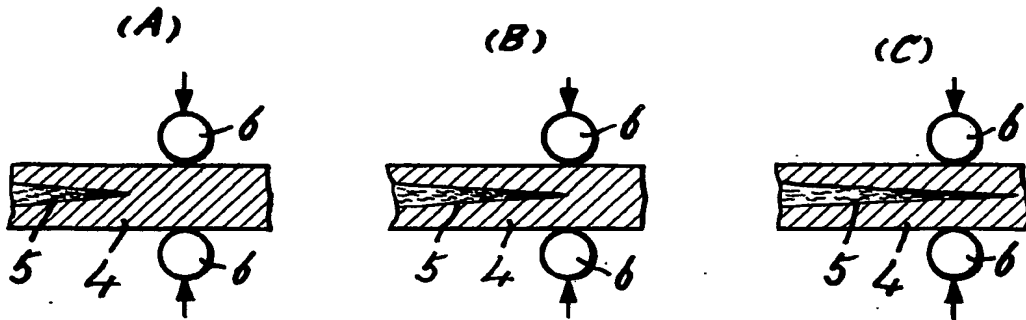


Fig- 3

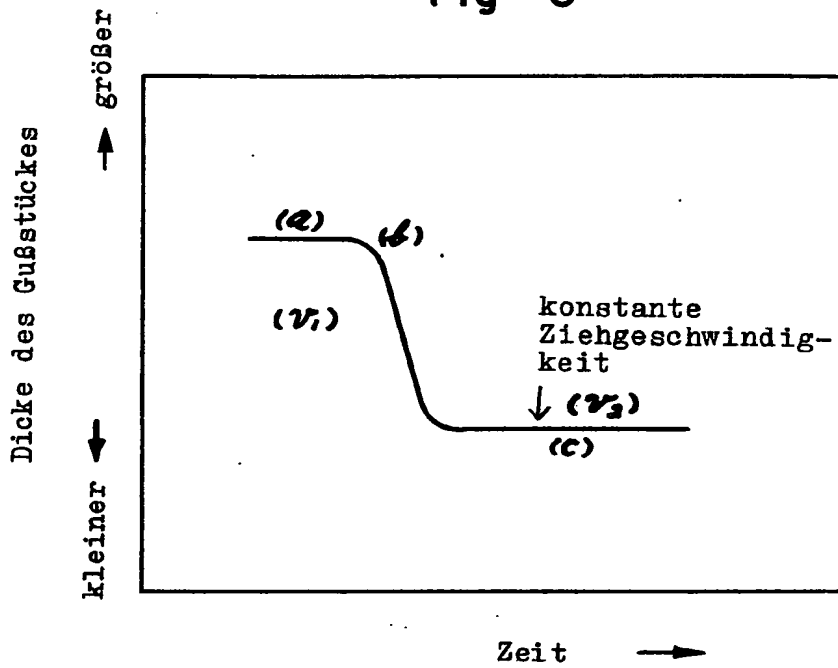


Fig - 4

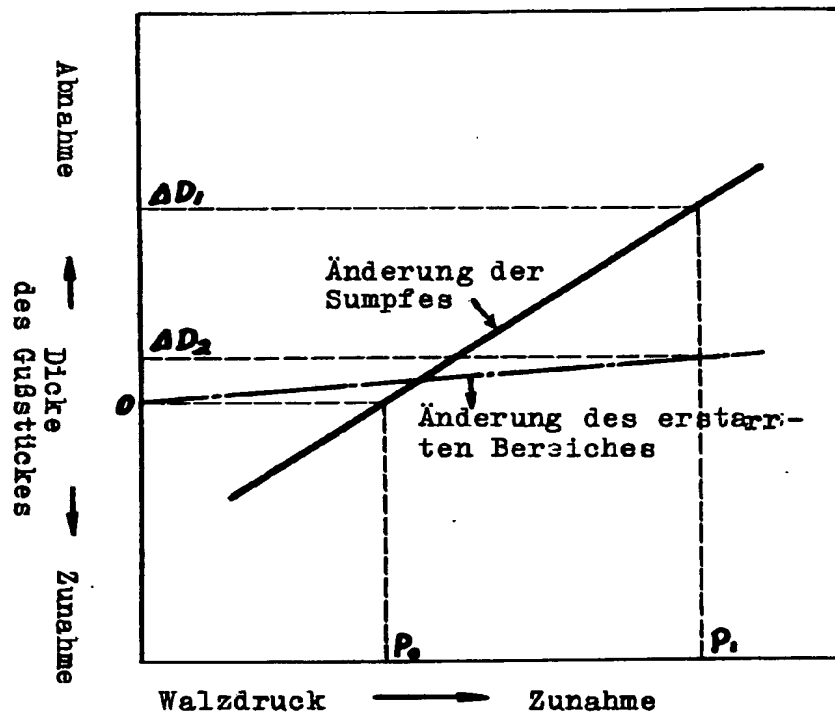


Fig - 5

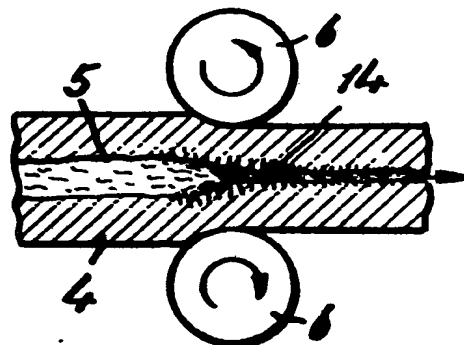


Fig-6

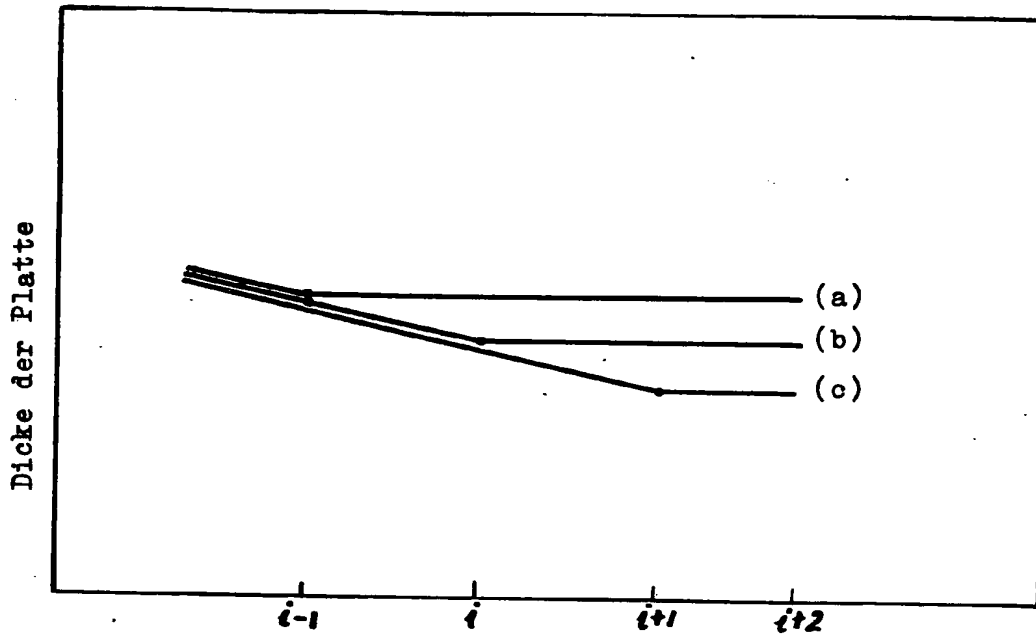


Fig-7

